

COMPORTAMIENTO TERMICO DE UN PROYECTO DEMOSTRATIVO BIOCLIMATICO EN SAN LUIS.

Filippin C.¹ y Follari J.²

¹ CONICET, Av. Spinetto 785, Santa Rosa, La Pampa (6300) 54-2954-434222- cfilippin@cpenet.com.ar

² Universidad Nacional de San Luis, Chacabuco y Pedernera, San Luis (5700) 54 2652 430224 – jfollari@unsl.edu.ar

Ente Promotor: Mutual de Vivienda y Consumo Universidad de San Luis

RESUMEN: El trabajo describe el comportamiento térmico de una vivienda bioclimática (proyecto demostrativo) en San Luis (Argentina). De acuerdo al diseño el 70% del área útil está solarizada (ganancia solar directa al Norte = 17.9% respecto al área útil). La resistencia térmica de la envolvente es = 2.18 y 2.44 m²C/W para pared y techo, respectivamente. El monitoreo térmico se inició el 15 de enero de 2009. Los resultados mostraron que, en condiciones reales de uso, pero con hábitos inadecuados y, sin acondicionamiento mecánico, la temperatura media interior fue de 26°C en verano (temperatura media exterior = 24.6 °C, irradiancia solar sobre superficie horizontal entre 900 y 1000 W/m²). Para un aporte de calefacción auxiliar del 28% de la energía demandada, la temperatura media interior fue de 19.6°C en julio (temperatura media exterior = 9.7°C). Los resultados del comportamiento térmico y el ahorro de energía en invierno se consideran satisfactorios y acorde con los hábitos de uso (cortinas enrolladas y ventanas abiertas en horas inapropiadas en el verano y en el invierno).

Palabras clave: Proyecto demostrativo - Diseño bioclimático - Solarización – Conservación – Monitoreo térmico

INTRODUCCIÓN

Durante 2002 surgió en la Mutual de Vivienda y Consumo UdeSL (Universidad de San Luis) la idea de hacer el loteo en un terreno de su propiedad para construir un barrio de 300 viviendas. La toma de conciencia de los retos medioambientales en el sector de la construcción tiene implicaciones sociales, ecológicas y económicas. Debe ser una estrategia global, objetiva y racional (Gauzin-Muller, 2001). Bajo este concepto, y considerando que es posible conciliar los objetivos sociales y ecológicos de la gestión medioambiental dentro de un marco económico realista, el comitente decidió que el diseño debía responder a los principios de la arquitectura bioclimática. En 2007 se realizó una presentación oral con una primera aproximación. Hacia fin del mismo año se inició la construcción de una de las viviendas (proyecto demostrativo), que sería sede futura de la Mutual, con el fin de estudiar su comportamiento térmico durante un año y, a partir de los resultados ratificar y/o rectificar las propuestas del diseño. El monitoreo de esta vivienda es parte de los objetivos del proyecto PAE 22559-04(Programa de Áreas Estratégicas y Programas de Áreas de Vacancia-Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología Sec. de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica).

Localización y emplazamiento

La localidad de San Luis pertenece a la zona bioambiental III_a (Templado cálido) según la Norma IRAM 11.603 (Figura 1). Está a 33°3' y 66°4' de latitud sur y longitud, respectivamente (altura sobre el nivel del mar: 713m). Corresponde a la zona moderada de riesgo sísmico. Las direcciones predominantes del viento son: N y E-SE (Chorrillero) que concentran más del 80% de él. La Tabla 1 muestra algunos datos climáticos.

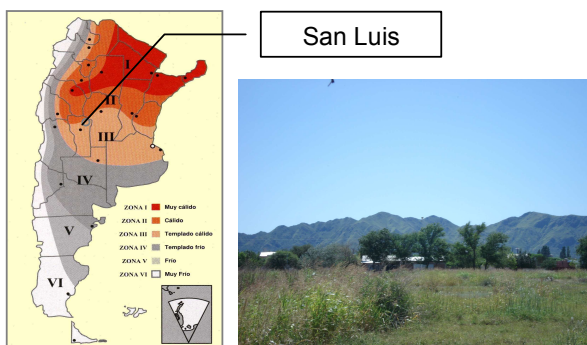


Figura 1: Ubicación de San Luis en la zona bioambiental. A la derecha terreno y entorno

| | | | |
|---|---|----------------------|-----------------------|
| Valores anuales | Temperaturas medias | máxima | 22.8°C |
| | | mínima | 13°C |
| | | media | 17.2°C |
| | Radiación media anual sobre superficie horizontal | 17 MJ/m ² | |
| Humedad relativa | | | 57% |
| Temperatura de julio | mínima media | | 5.0°C |
| | media | | 9.1°C |
| | máxima media | | 17.6°C |
| | mínima absoluta | | -4°C |
| Amplitud térmica de invierno | | | 14.2°C |
| Velocidad media del viento en invierno | | | 2.5 m/s |
| Radiación solar media julio sobre superficie horizontal | | | 9.2MJ/m ² |
| Temperatura de enero | máxima media | | 29.3°C |
| | media | | 24.4°C |
| | mínima media | | 20.0°C |
| | máxima absoluta | | 38.6°C |
| Amplitud térmica de verano | | | 9.3°C |
| Velocidad media del viento en verano | | | 6.5 m/s |
| Radiación solar media enero sobre superficie horizontal | | | 24.9MJ/m ² |
| Grados-día de calefacción base 18°C | | | 871 |
| Grados-día de enfriamiento base 23°C | | | 533 |

Tabla 1: Coordenadas geográficas y variables climáticas Latitud: 33°3'; longitud: 66°4' y altura sobre el nivel del mar: 713 m
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

DISEÑO Y TECNOLOGÍA.

Es una vivienda de dos dormitorios (actualmente sede de la Mutua). El estar-comedor y uno de los dormitorios se orientan al norte, el otro, en el lado sur, tiene una ventana alta para obtener ganancia solar directa (Figura 2). Se plantea el uso de paredes tri-capa: ladrillo macizo como masa térmica en el interior (espesor = 0.18m), aislación térmica de poliestireno (espesor = 0.075m en los muros Oeste y Sur y 0.05m en el muro Este). La protección mecánica externa de la aislación térmica es de ladrillo cerámico hueco de 0.08m de espesor en el muro Oeste, de revoque común sobre metal desplegado en el muro Este y Sur ($R=2.18 \text{ m}^2\text{C/W}$). En el muro norte (predominancia de vanos), y para disminuir la complejidad de una pared tri-capa en el encuentro con la carpintería, se plantea hacia el exterior una pared de bloque cerámico autoportante de 0.12m de ancho, manteniendo la pared interior de ladrillo macizo. La cubierta está formada por: a- una estructura resistente de losa prefabricada b- aislación térmica de poliestireno expandido (7.5cm) c- hormigón alivianado con la pendiente necesaria para el escurrimiento del agua (base resistente de la membrana hidrófuga) ($R=2.44 \text{ m}^2\text{C/W}$) (Figura 3). Según Norma IRAM 11605 (2002) la transmitancia térmica del muro corresponde al nivel A y B para verano e invierno, respectivamente. La transmitancia térmica de la cubierta corresponde a nivel B para verano e invierno. Como resultado de la pared de ladrillo macizo en el interior de la envolvente vertical y el uso de paredes interiores macizas, el edificio es de alta inercia (400 kg/m^2 , Goulding et al., 1994). La carpintería es de aluminio pre-pintada con ruptura de puente térmico. Las áreas transparentes son de DVH (doble vidrio hermético). Al tratarse de una vivienda que debe minimizar los costos de construcción y mantenimiento, se plantea una forma compacta (Índice de compacidad = 0.86) y energéticamente eficiente (Factor de área envolvente-piso = 2) (Mascaró, 1983; Esteves et al., 1997)). El valor de G (Coeficiente Volumétrico de Pérdidas) satisface los requerimientos de la Norma IRAM 11604 (2001). El total de ganancia solar directa (área efectiva de vidrio) corresponde al 17.9 % de la superficie útil del edificio. La Figura 4 muestra la vivienda terminada.

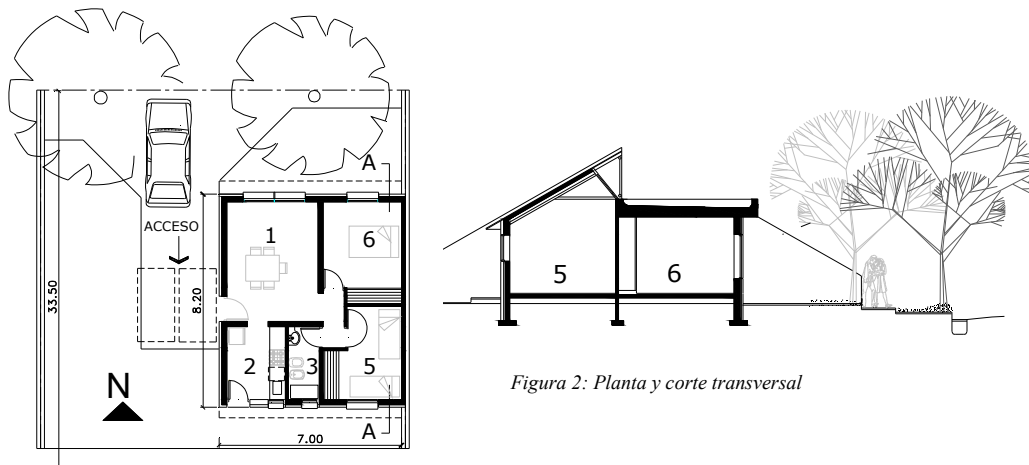


Figura 2: Planta y corte transversal



Figura 3: Aislamiento térmico en envolvente. Protección mecánica sobre aislamiento térmico en pared este: revoque sobre metal desplegado que no fue la especificada por los proyectistas en el pliego de licitación (centro), y en pared oeste, con ladrillo cerámico (derecha).



Figura 4: Vivienda en condiciones uso (imagen del 28 de marzo)

RESULTADOS DEL MONITOREO

1- VERANO EN CONDICIONES REALES DE USO.

| TEMPERATURA (°C) | ENERO | | | FEBRERO | | | MARZO | | | |
|-------------------|----------|------|--------|----------|------|--------|----------|------|--------|-----|
| | PROMEDIO | STD | CV (%) | PROMEDIO | STD | CV (%) | PROMEDIO | STD | CV (%) | |
| ESTAR-COMEDOR | 26.1 | 1.4 | 5.2 | 26.2 | 1.7 | 6.4 | 26.0 | 1.3 | 5.2 | |
| COCINA | 26.9 | 1.5 | 5.6 | 26.7 | 1.8 | 6.7 | 26.6 | 1.6 | 6.2 | |
| BAÑO | 25.6 | 1.3 | 5.3 | 25.7 | 1.6 | 6.1 | 25.5 | 1.1 | 4.1 | |
| DORMITORIO | Sur | 25.4 | 1.3 | 5.0 | 25.5 | 1.6 | 6.3 | 25.4 | 1.1 | 4.3 |
| | Norte | 25.8 | 1.5 | 5.8 | 26.0 | 1.7 | 6.4 | 25.7 | 1.2 | 4.7 |
| PROMEDIO VIVIENDA | 26.0 | | | 26.0 | | | 25.8 | | | |
| EXTERIOR | 24.8 | 4.7 | 18.8 | 24.4 | 4.9 | 20.3 | 24.6 | 3.6 | 14.9 | |

Tabla 2: Valores de temperatura media y variabilidad durante el verano

Este trabajo muestra los resultados del comportamiento térmico de la vivienda en condiciones reales de uso a partir del 15 de enero de 2009 sin acondicionamiento mecánico del ambiente interior. Debemos aclarar que, simultáneamente a la toma de datos, el usuario (sereno), dejó constancia de los horarios de apertura y cierre de aberturas. En cuanto a las condiciones climáticas externas los registros mostraron que la última quincena del mes de enero se caracterizó por días con cielo claro con una irradiancia solar sobre superficie horizontal máxima de 1000 W/m^2 . La temperatura máxima alcanzó los 35°C y la mínima nunca estuvo por debajo de los 15°C . Febrero fue un mes con predominancia de días con cielo claro; los primeros veinte días mostraron temperaturas que llegaron hasta los 35°C , no bajaron de los 17°C con valores de radiación máxima de 900 W/m^2 . Hacia los últimos días se observan dos jornadas con una temperatura máxima que no superó los 23°C y una irradiancia de 400 W/m^2 . La Tabla 2 muestra los valores medios de temperatura y su variabilidad en los locales con ganancia solar directa. La temperatura media interior para el trimestre fue de 25.9°C , algo más de 1°C por encima de la temperatura media exterior (24.6°C). Durante la etapa de pre-diseño, y para una temperatura media exterior de 24.4°C , los resultados de la simulación térmica a través de SIMEDIF (Flores Larsen y Lesino, 2001), nos indicaban que el área solarizada y no solarizada tendrían en el verano una temperatura media de 24.8°C y 24.6°C , respectivamente; en promedio 1.4°C por debajo del valor medido. Debemos destacar que la simulación se realizó con ganancias internas y contemplando un buen uso de los sistemas de oscurecimiento. Si consideramos que la vivienda no fue usada correctamente para el período en estudio los valores medios no son preocupantes.

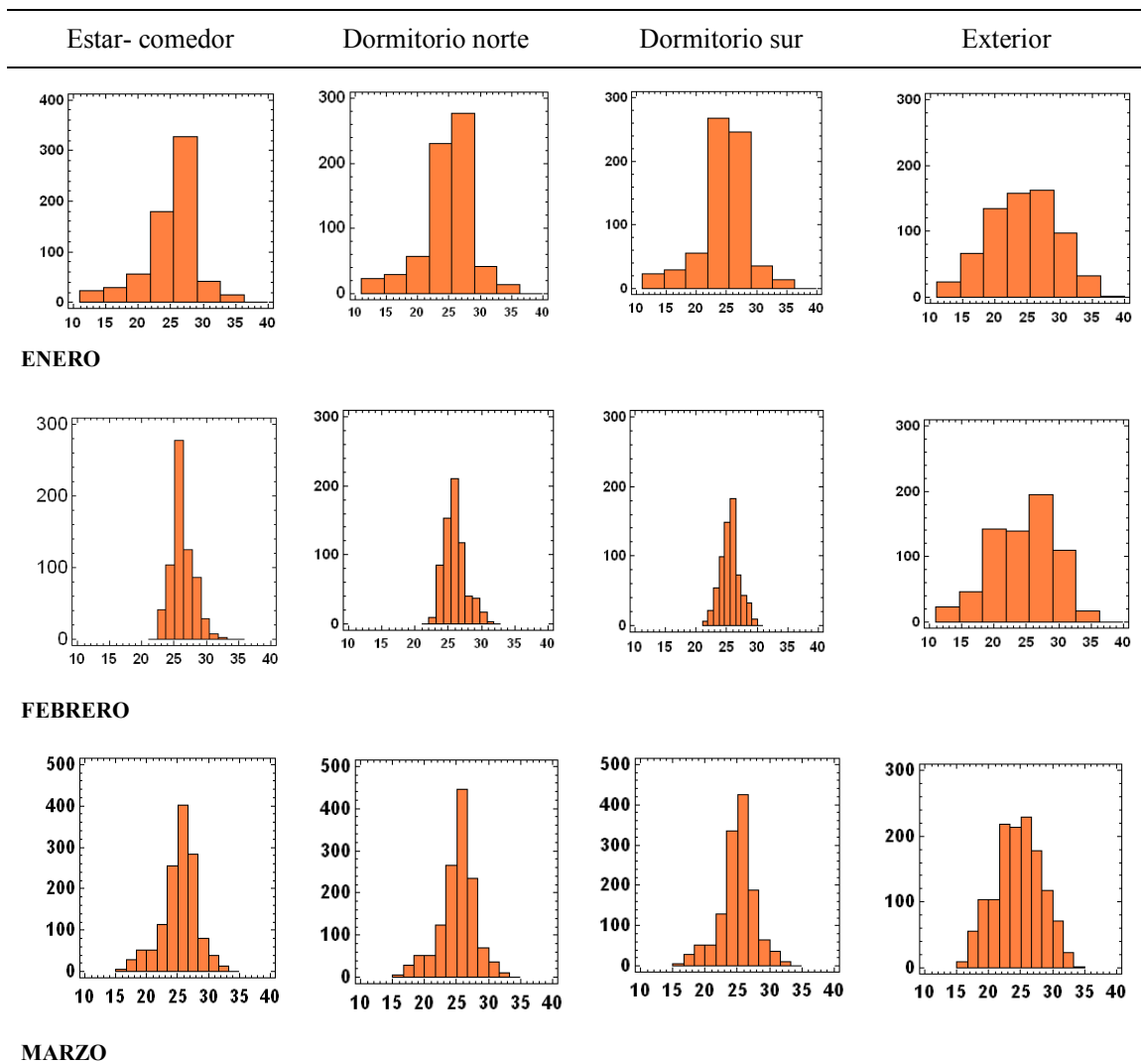


Figura 5: Histograma de valores horarios de temperatura.

En la Figura 5 se observa un histograma de los valores horarios de temperatura para cada local solarizado y para el exterior. Los histogramas de frecuencia muestran que, para todo el período, durante el mayor porcentaje de horas la vivienda estuvo confortable, *aún con cortinas enrolladas en más del 50% en horas inadecuadas, la ventana alta del dormitorio sur sin el sistema de oscurecimiento y/o ventanas abiertas en horarios que no fueron compatibles con las pautas de diseño*. La Figura muestra con claridad como hacia febrero se fue calentando la vivienda. Es por eso que la temperatura mínima interior pasó de 10°C en enero a casi 22°C en febrero (ver desplazamiento del gráfico en el eje X). El mayor porcentaje del tiempo la temperatura estuvo entre los 22 y los 28°C en los locales con áreas transparentes al norte. Se observa como en el estar comedor que tiene mayor relación entre área vidriada y área útil el mayor porcentaje de horas la temperatura oscila entre los 25 y 26.5°C. En el dormitorio sur, con ventana alta al norte y buena ventilación hacia el sur, el número de horas con temperaturas entre 25.5 y 26.5°C disminuye. Durante febrero la temperatura media en el estar-comedor, dormitorio norte y dormitorio sur fue de 1.5°C superior a la temperatura media exterior (24.4°C). La variabilidad de la temperatura interior fue del 6.4%, mientras que en el exterior fue del 20.3%.

Algunos períodos

En la Figura 6 se observa el comportamiento térmico de los tres locales con áreas transparentes al norte entre el 25 y el 31 de enero de 2009. Hay una secuencia de días con cielo claro y una irradiación máxima sobre superficie horizontal de casi 1000 W/m² y una temperatura exterior máxima que estuvo durante tres días entre los 30 y 33 °C. En la madrugada del día 29 se observa un descenso de la temperatura interior con una velocidad de viento exterior de 4 m/s. Las tres curvas están acopladas. La temperatura promedio del estar-comedor está 0.3°C por encima del dormitorio norte (25.6°C) y 0.7°C por encima del dormitorio sur (25.2°C) para una temperatura media exterior de 23.6°C. El día 27 con buena disponibilidad del recurso solar, pero con un descenso de 5°C de la temperatura exterior, la temperatura interior se mantiene alrededor de los 25°C. En el exterior se registro una velocidad de viento de 4,6 m/s.

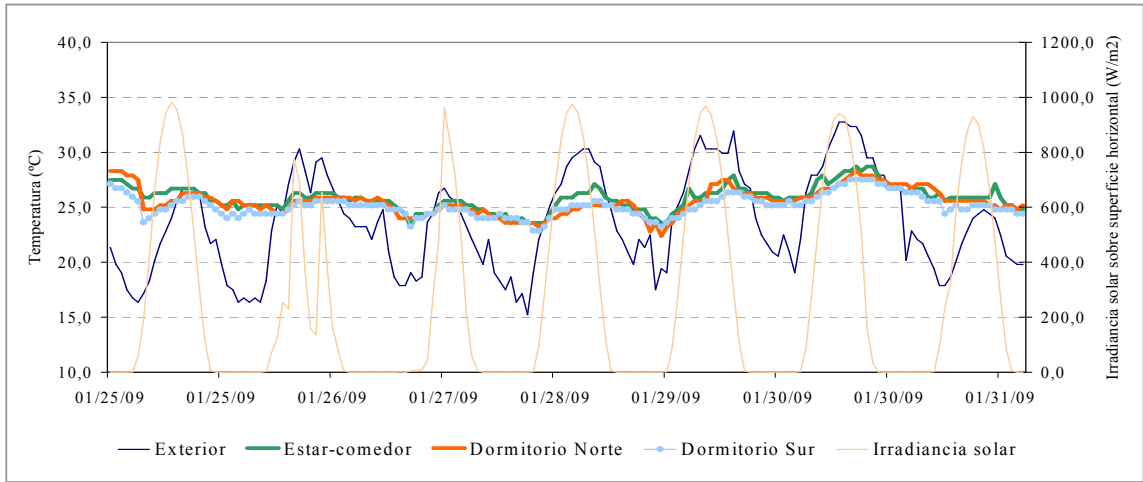


Figura 6: Comportamiento térmico de los locales con áreas vidriadas al norte en la última semana de enero de 2009.

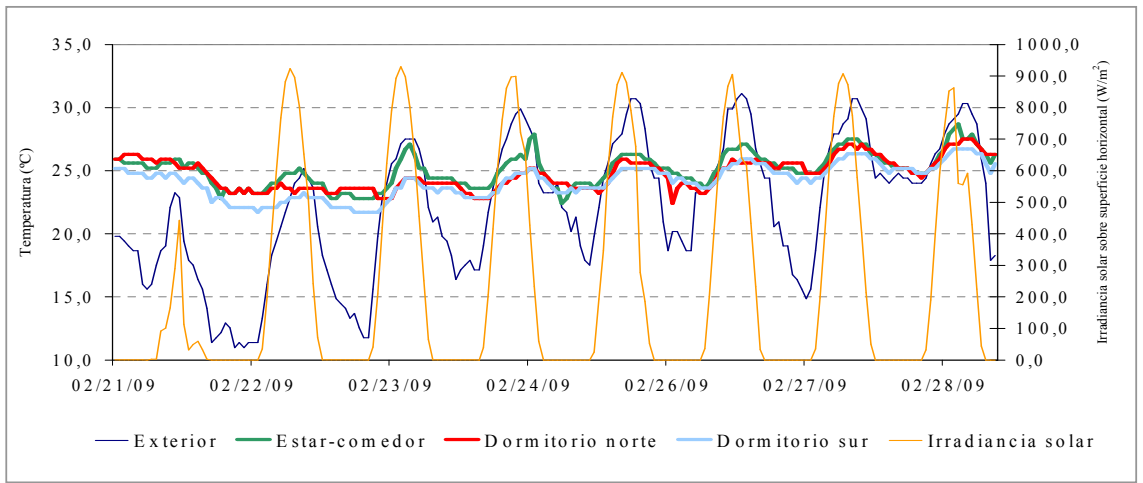


Figura 7: Comportamiento térmico de los locales con áreas vidriadas al norte en la última semana de febrero de 2009.

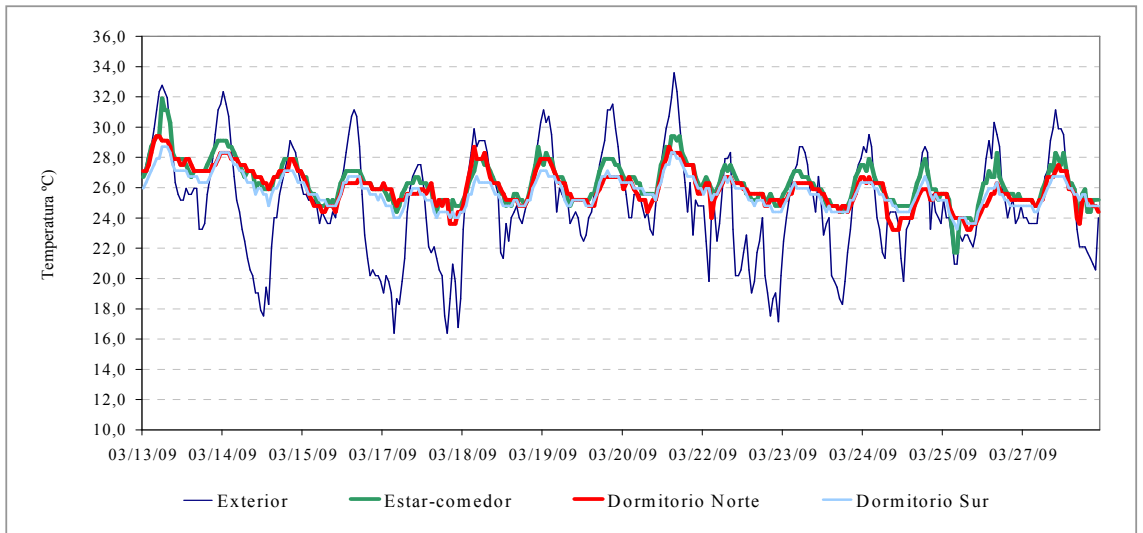


Figura 8: Comportamiento térmico de los locales con áreas transparentes al norte durante la última quincena de marzo.

De todo el mes de febrero se apartan los últimos 8 días caracterizados por una secuencia de días con cielo claro (irradiación solar máxima sobre superficie horizontal = 900 W/m²). Durante el primer día se observó un descenso de la temperatura y de la radiación solar. La temperatura máxima fue ascendiendo hasta superar los 30°C, y mínimas que llegaron a 11°C. En los últimos días la temperatura interior está algo por encima de los 25°C porque el penúltimo día la temperatura mínima externa ascendió a 25°C (Figura 7). Todo el mes de marzo se caracterizó por una alternancia de 4 o 5 días con temperaturas máximas de alrededor de 32°C y uno o dos días con valores máximos de 27 a 28°C. Recién iniciado el otoño (día 22-03), se observa la temperatura máxima más alta del mes (34°C). La temperatura máxima interior fue de 28°C. En las primeras horas de la mañana del 23 de marzo hay un descenso de la temperatura interior hasta un valor mínimo de 24°C. También durante las primeras horas de la mañana del día 25 hay un descenso marcado de la temperatura del estar-comedor llegando hasta 21.7°C (temperatura exterior = 21°C) debido a que las ventanas se abrieron en horas adecuadas (Figura 8).

2- OTOÑO EN CONDICIONES REALES DE USO.

En este período las condiciones de monitoreo internas fueron:

- a- sin calor auxiliar hasta la segunda semana de junio a partir de la cuál se usa calo-ventor en dormitorio norte, local que desde abril es ocupado por la secretaria de la Mutual
- b- continúa viviendo el sereno
- c- las ventanas estuvieron totalmente abiertas entre las 13 y las 15.3h
- d- durante la noche permanece personal de vigilancia en el estar-comedor

Bajo estas condiciones la Tabla 3 muestra los resultados. Abril se caracterizó por días con cielo claro (excepto el 1º) con valores máximos de irradiación solar entre 600 y 730 W/m². La temperatura media de la vivienda fue de 24.5°C (1.3°C por debajo de la de marzo), 2.8°C por encima de la media exterior. La variabilidad de la temperatura media entre locales fue del 1.1% mostrando poca zonificación térmica. Mientras en el exterior la variabilidad fue del 20%, en el interior osciló entre el 1.7 y el 7%. Durante mayo hubo una alternancia de días con cielo claro y día nublados. Los valores máximos de irradiación solar estuvieron entre los 500 y 600 W/m².

| Temperatura (°C) | ABRIL | | | MAYO | | | JUNIO (la primera quincena) | | | JULIO | | | |
|--------------------------|-------|------|--------|------|------|--------|-----------------------------|------|--------|-------|------|--------|-----|
| | Prom | STD | CV (%) | Prom | STD | CV (%) | Prom | STD | CV (%) | Prom | STD | CV (%) | |
| ESTAR-COMEDOR | 24.7 | 1.7 | 6.9 | 20.2 | 2.7 | 13.4 | 18.1 | 1.0 | 5.8 | 20.6 | 1.5 | 7.2 | |
| COCINA | 24.9 | 1.7 | 6.8 | 20.1 | 2.9 | 14.4 | 18.0 | 1.6 | 9.1 | 18.3 | 1.4 | 7.6 | |
| BAÑO | 24.2 | 1.4 | 5.9 | 19.5 | 2.6 | 13.4 | 17.3 | 0.8 | 4.9 | - | - | - | |
| DORMITORIO | Sur | 24.4 | 1.7 | 7.0 | 19.1 | 2.8 | 14.8 | 16.4 | 0.8 | 4.8 | 18.7 | 1.1 | 5.7 |
| | Norte | 24.5 | 1.7 | 7.0 | 19.9 | 2.5 | 12.7 | 17.9 | 1.2 | 6.8 | 20.8 | 2.1 | 9.9 |
| PROMEDIO VIVIENDA | 24.5 | 0.3 | 1.1 | 19.8 | 0.4 | 2.0 | 17.5 | 0.7 | 4.0 | 19.6 | 1.3 | 6.5 | |
| EXTERIOR | 21.7 | 4.3 | 20.0 | 15.0 | 5.5 | 36.5 | 11.1 | 4.2 | 37.9 | 9.7 | 5.5 | 56.9 | |

Tabla 3: Valores de temperatura media y variabilidad durante el otoño

Durante la última semana se combinó un descenso de la temperatura con una secuencia de días con cielo nublado con una irradiación máxima entre 300 y 400 W/m². Durante este mes la temperatura media en la vivienda descendió 4.7°C respecto a la de abril (24.5°C) y estuvo 4.8°C por sobre la temperatura media exterior (15.0°C). La temperatura media en los locales solarizados osciló entre los 19.1 y 20.2°C. Entre los días 12 y 13, la irradiación solar máxima estuvo entre los 100 y los 200 W/m² y la temperatura mínima alcanzó los 10 y 5°C. Bajo estas condiciones climáticas poco favorables la temperatura mínima en el estar-comedor y en el dormitorio norte no fue inferior a 16,3 y 16°C, respectivamente. En el dormitorio sur la temperatura descendió hasta los 14°C. La primera quincena de junio se caracterizó por el cielo claro con una irradiación máxima de 500 W/m². La temperatura media interior descendió 2.3°C respecto a la de mayo pero estuvo 6.4°C por encima de la media exterior. En junio la temperatura media más baja correspondió al dormitorio sur (16°C) pero la mínima no estuvo por debajo de los 15 °C. Durante julio la temperatura media exterior fue de 9.7°C. La temperatura promedio interior de la vivienda fue de 9.9°C por encima de la temperatura media exterior (19.6°C). Los valores satisfacen las predicciones realizadas en la etapa de pre-diseño (Beascochea et al, 2008). En la Figura 9 se observa un histograma de frecuencias de los valores horarios de temperatura. Durante abril los valores horarios de la temperatura interior estuvieron entre los 20 y los 28°C mientras que en el exterior la temperatura alcanzó valores de 30°C. En mayo se observa el descenso de la temperatura exterior (valores mínimos = 2°C). Tanto en el estar-comedor como en el dormitorio norte, la temperatura mínima interior estuvo 14°C por encima de la mínima exterior. El dormitorio sur más expuesto a los vientos fríos la temperatura mínima interior fue de 14.5°C. Durante la primera quincena de junio la temperatura exterior alcanzó un valor mínimo de 2.9°C. Tanto en el estar-comedor como en el dormitorio norte, la temperatura no bajó de los 17.5°C. En el dormitorio sur la mínima en este período fue de 15.6°C. En la Figura 10 se observa el comportamiento térmico durante los primeros diez días de julio. Según párrafos anteriores no hubo calefacción auxiliar. Sí se observa en el dormitorio norte el día 5 el encendido de una fuente de calor. Durante julio la temperatura exterior alcanzó un valor mínimo de -5.0°C. Tanto en el estar-comedor como en el

dormitorio norte, la temperatura no bajó de los 17.5°C. En el dormitorio sur la mínima en este período fue de 15.0°C (sólo en dos días). En la Figura 10 se observa el comportamiento térmico durante la semana más rigurosa (entre el 17 y 26 de julio). Un cielo claro con una irradiancia de 500 W/m² permitió alcanzar el confort aún con temperaturas exteriores rigurosas.

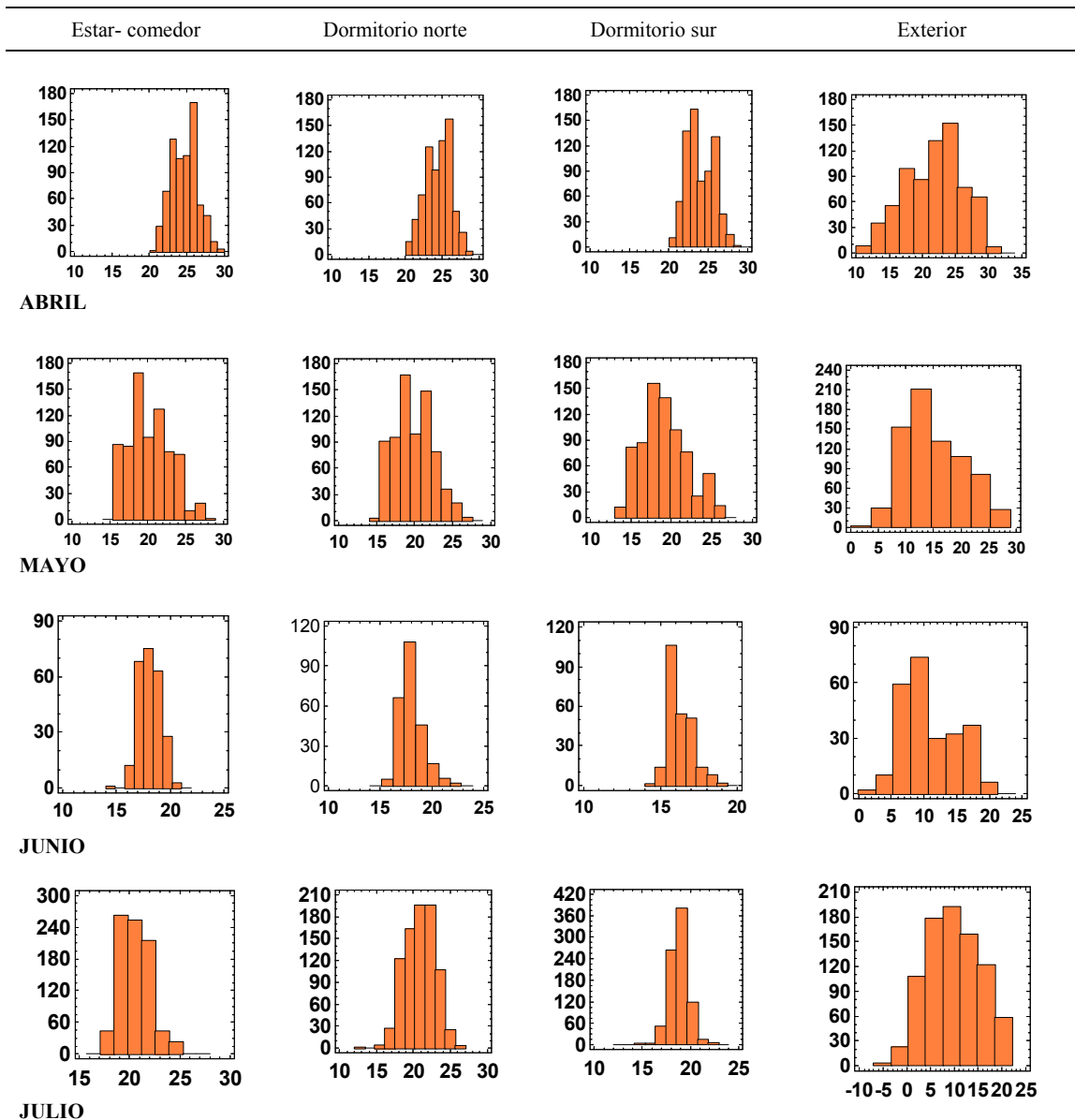


Figura 9: Histograma de valores horarios de temperatura.

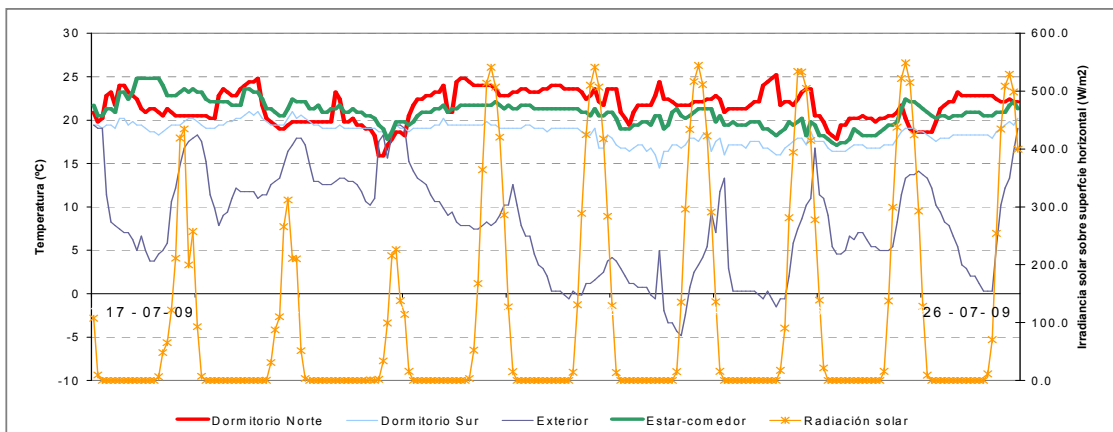


Figura 10: Comportamiento térmico durante un periodo de julio

CONCLUSIONES

El trabajo permitió, evaluar el comportamiento térmico del proyecto demostrativo bioclimático en condiciones reales de uso. Decíamos en párrafos anteriores que el uso real de esta vivienda no estuvo acorde con las pautas de diseño y la aplicación de las buenas prácticas para maximizar la performance térmica y optimizar el consumo de energía. Los resultados obtenidos se consideran relativamente buenos partiendo del hecho que durante enero, febrero y marzo el sereno que ocupó la vivienda abrió y cerró las puertas y ventanas en horas inadecuadas según consta en los datos registrados en cuaderno de campo, por ejemplo, el estar-comedor permaneció abierto durante el día, cerrado durante la noche. Las ventanas de los dormitorios, baño y cocina estuvieron siempre abiertas, día y noche. Bajo estas condiciones, la temperatura media según registros tomados en los locales, estuvo 1.5°C por encima de las predicciones realizadas para una temperatura media exterior similar a la media del verano del 2009. Se debe remarcar que en la etapa de simulación se consideró que las cortinas de enrollar se bajaban en horarios adecuados, teniendo en cuenta que durante los primeros años el entorno adyacente de la vivienda estaría totalmente desprotegido. Otro detalle importante al considerar el clima de verano de San Luis es que la velocidad media del viento es de 6,5 m/s, lo que significa una sensación térmica menor que la temperatura ambiente.

Durante el otoño, y en el inicio del invierno con temperaturas cercanas a 0°C las áreas solarizadas se mantuvieron entre 15 y 21°C sin calefacción auxiliar. En junio, sin calefacción de gas, la temperatura media interior fue de 17,7°C (media exterior de 10,6°C). Durante julio, con un consumo diario de 1.06 kg de gas envasado (aproximadamente 1,42 m³ de metano) la temperatura media interior fue de 19.6°C, 9.9 °C por encima de la media exterior (9.7°C). Bajo esta situación, la calefacción aportó en el mes de julio 2,8°C es decir un 28% del total de energía demandada por la vivienda. El restante 72% fue aporte solar (fracción solar).

Los resultados del comportamiento térmico de la vivienda, con un área efectiva de ganancia solar directa al norte del 17.9% respecto al área útil, con una envolvente cuya transmitancia térmica satisface el Nivel B en invierno (paredes y techo) y A en paredes para verano y con un sobre-costos por solarización y conservación del 5.7% (Beascochea, et. al, 2008), se consideran buenos, acorde con los hábitos inadecuados de uso de la vivienda. Según el modelo teórico se necesitarían 1.06 m³ por día para alcanzar una temperatura media en la vivienda de 18°C. La experiencia muestra en junio, que esa temperatura casi se alcanza sin calefacción auxiliar de gas (se alcanzaron 17,7°C).

La finalidad de este proyecto demostrativo fue la de adquirir experiencia con la tecnología y monitorear durante verano e invierno el comportamiento térmico para ratificar y/o rectificar el diseño. Desde lo tecnológico se hizo la observación sobre el uso inapropiado (por el costo y por las patologías constructivas), de metal desplegado sobre la aislación térmica del muro este que no correspondió con las especificaciones técnicas.

REFERENCIAS

- Beascochea A., Follari J., Filippín C. y Klush L. (2008). Diseño y construcción de un proyecto demostrativo bioclimático en San Luis. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 12, 5.65 – 5.72.
- Esteves A., Gelardi D., Oliva A. (1997). "The Shape in the Bioclimatic Architecture: The FAEP Factor"- Proceedings of II Conf. Teachers in Architecture, Florencia, Italia, cap. 3.12.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2001). Modelo térmico del programa SIMEDIF de simulación de edificios. *Energías Renovables y Medio Ambiente* 9, PP.15-24.
- Gauzin-Muller, D. (2001). *Arquitectura ecológica. 29 ejemplos europeos*. Editorial Gustavo Gili, Barcelo. España. P.99
- Goulding, J., Owen Lewis, J. and Steemers, T. (1994). *Energy in Architecture. The European Passive Solar Handbook*. P. 301.
- Mascaró, L. (1983). *Variación de los costos de los edificios con las decisiones arquitectónicas* pp. 137. Universidad Nacional de La Plata. Argentina
- Norma IRAM 11603 (1996). *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*.
- Norma IRAM 11604 (2001). *Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente global de pérdidas. Cálculo y valores límites*.
- Norma IRAM 11605 (2002). *Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*.

AGRADECIMIENTOS: Mutual de Vivienda y Cons. Universidad de San Luis - Proyecto PAE 22559-04 y PICT 01963

Abstract This paper analyzes the thermal behaviour of a demonstration project in San Luis (Argentina). According to the design, 70% of the useful area has solar gain (glazing to the north, around 17.9 % of the useful area). The thermal resistance of the wall and roof are 2.18 and 2.44 m²C/W, respectively. The thermal monitoring started on January 15, 2009. Under real conditions of use, but with inadequate dwellers' habits and without mechanical systems, the mean temperature during summer was 26°C (mean outdoor temperature = 24.6°C; solar irradiance = 900 and 1000 W/m²). The mean temperature during the month of July was 19.6 °C (mean outdoor temperature = 9.7 °C) with 28% of auxiliary heating with respect to the total energy needed. The results of the thermal behaviour and energy saving during winter were satisfactory according to the habits of use (windows were opened and curtains rolled up inefficiently).

Key words: Demonstration project – Bioclimatic design - Solarisation – Conservation – Thermal monitoring